

# Weer en gewasopbrengst

## Invloed van weer op productie van akkerbouwgewassen

H. Leneman  
A.J. Reinhard  
M.W. Hoogeveen

Augustus 1999

Rapport 2.99.11

Landbouw-Economisch Instituut (LEI), Den Haag

Het Landbouw-Economisch Instituut (LEI) beweegt zich op een breed terrein van onderzoek dat in diverse domeinen kan worden opgedeeld. Dit rapport valt binnen het domein:

- ☐ Bedrijfsontwikkeling en omgevingsfactoren
- ☒ Emissie- en milieuproblematiek
- ☐ Concurrentiepositie en de Nederlandse agribusiness; Industrie en handel
- ☐ Economie van het landelijk gebied
- ☐ Nationale en internationale beleidsvraagstukken
- ☐ Bedrijven-Informatienet; Statistische documentatie; Periodieke rapportages

Weer en gewasopbrengst; Invloed van weer op productie van akkerbouwgewassen  
Leneman, H., A.J. Reinhard, M.W. Hoogeveen  
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI), 1999  
Rapport 2.99.11; ISBN 90-5242-530-2; Prijs f 22,- (inclusief 6% BTW)  
40 p., fig., tab.

Het weer speelt een belangrijke rol bij inschattingen over milieueffecten in de landbouw (bijvoorbeeld uitspoeling van stikstof). Daarom zijn landbouweconomische of agronomische modellen gebaat bij inschattingen over weersinvloeden. Dit rapport beschrijft de schatting van de variatie in gewasopbrengst, die aan weereffecten is toe te rekenen. De schattingen zijn gebaseerd op een paneldata-analyse van gegevens uit de periode 1975-1996, vastgelegd in het Bedrijven-Informatienet van het LEI (het Informatienet). De analyse heeft betrekking op wintertarwe, fabrieksaardappelen en suikerbieten.

Bestellingen:

Telefoon: 070-3308330

Telefax: 070-3615624

E-mail: [publicatie@lei.dlo.nl](mailto:publicatie@lei.dlo.nl)

Informatie:

Telefoon: 070-3308330

Telefax: 070-3615624

E-mail: [informatie@lei.dlo.nl](mailto:informatie@lei.dlo.nl)

Vermenigvuldiging of overname van gegevens:

- ☒ toegestaan mits met duidelijke bronvermelding
- ☐ niet toegestaan

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO-NL) van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Midden-Gelderland te Arnhem.



# Inhoud

	Blz.
<b>Woord vooraf</b>	7
<b>Samenvatting</b>	9
<b>1. Inleiding</b>	11
1.1 Aanleiding en probleemstelling	11
1.2 Doelstelling en afbakening	12
1.3 Inhoud van het rapport	12
<b>2. Methode</b>	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Paneldata	13
2.3 Specificatie model	14
<b>3. Materiaal</b>	16
<b>4. Resultaten</b>	21
4.1 Inleiding	21
4.2 Wintertarwe	21
4.3 Fabrieksaardappelen	23
4.4 Suikerbieten	26
4.5 Samenvattend	28
<b>5. Discussie en conclusies</b>	30
5.1 Inleiding	30
5.2 Discussie	30
5.3 Voorstel voor opnemen weerjaarsafhankelijkheid in stofstromenmodel	31
5.4 Conclusies	32
<b>Literatuur</b>	33
<b>Bijlagen</b>	35



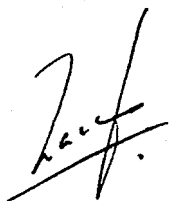
## Woord vooraf

Nutriëntenverliezen zijn onder andere afhankelijk van het weer (temperatuur, neerslag, zonneschijn). Het is daarom wenselijk dat ook de modelberekeningen deze weersinvloeden in zich hebben. Vandaar dat het project 'Weerjaar in het stofstromenmodel', gefinancierd vanuit DLO programma 315 (Kennisonwikkeling voor de Milieuplanbureau functie) is uitgevoerd, om de grootte van het effect van het weer te kwantificeren.

Het project is uitgevoerd als onderdeel van een groter geheel waarbij proef- en praktijkgegevens elkaar versterken. AB-DLO bestudeert vanuit een analyse van veldproeven van verschillende jaren en gewassen de relatie tussen gewasproductie en het weer. De LEI-analyse, die in dit rapport wordt beschreven, is gebaseerd op praktijkcijfers, vastgelegd in het Bedrijven-Informatienet van het LEI (het Informatienet).

Het project is uitgevoerd door Stijn Reinhard (econometrische analyse), Marga Hoogeven (link met het stofstromenmodel) en Hans Leneman (rapportage en projectleiding). De auteurs bedanken Frank de Ruijter (AB-DLO) voor zijn kritische kijk op de resultaten.

De directeur,



Prof.dr.ir. L.C. Zachariasse





## Samenvatting

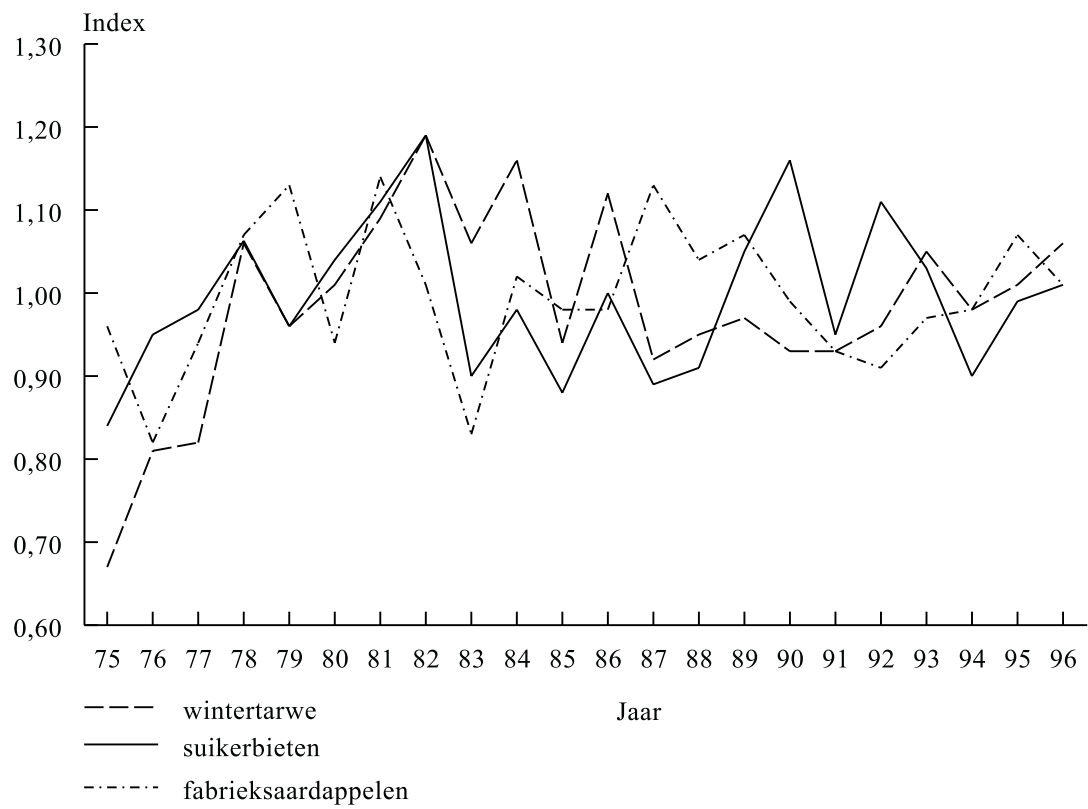
Variaties in gewasopbrengsten, veroorzaakt door verschillen in neerslag of temperatuur, hebben gevolgen voor nutriëntenopname, -overschot en/of -uitspoeling. Een inschatting van deze effecten kan leiden tot verbeteringen van de schattingen die verricht worden met behulp van landbouwkundige of agronomische modellen. Doel van dit onderzoek is daarom het schatten van het effect van het weer op de gewasopbrengsten.

Bij de analyses is gebruikgemaakt van gegevens uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI, een combinatie van een crossectie en een tijdreeks (paneldata) over de periode 1975-1996. Uit tijdsoverwegingen is slechts aandacht besteed aan 3 gewassen: wintertarwe, suikerbieten en fabrieksaardappelen.

Paneldata maken het mogelijk om bedrijfseffecten en jaareffecten te isoleren. Er is in dit onderzoek voor een Random Effects-methode gekozen; dit sluit het best aan bij agronomische kennis over de gewasgroei. De modelspecificatie bestond uit twee stappen: een stap om het jaareffect te schatten en een stap om hieruit het weereffect te isoleren. In de modelspecificatie zijn de stikstofgift uit kunstmest, grondsoort, regio en de oppervlakte gewas per bedrijf opgenomen. Bij wintertarwe en fabrieksaardappelen is een multiplicatief model gebruikt, bij suikerbieten een additief model. Er is getest op het voorkomen van kwadratische effecten bij de kunstmestgift, maar de resultaten waren niet tevredenstellend. Het weereffect is vervolgens geschat als een systematische afwijking van de technologische ontwikkeling.

Figuur 1 geeft een overzicht van de geschatte weerindices. De effecten lopen behoorlijk uiteen gedurende de periode van analyse. Effecten van een specifiek (weer)jaar zijn dus niet gelijk voor de drie gewassen. De extremen voor de drie gewassen bevinden zich redelijk op een gelijk niveau, de range gaat ruwweg van 0,80 tot 1,20.

De weerjaareffecten komen goed met effecten zoals bekend uit de literatuur overeen en kunnen worden gebruikt in agronomische modellen. De methode van analyse in dit onderzoek kan op een aantal punten worden verbeterd, maar biedt goede mogelijkheden om weerjaareffecten te schatten.



*Figuur 1 Weerindices voor drie gewassen*

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding en probleemstelling

*In het algemeen kan elk landbouwmodel worden verbeterd door het opnemen van betrouwbare weerindices als exogenen* (vrij vertaald naar Oskam (1991)). Een weerindex kan worden gebruikt bij het schatten van productiefuncties, aanbod- of vraagfuncties voor inputs of een analyse van de productiviteit. Oskam (1991) benadert het opnemen van het weer in modellen weliswaar met name vanuit landbouweconomische modellen, maar ook voor meer landbouwtechnische benaderingen kunnen weerindices hun waarde hebben, bijvoorbeeld bij berekeningen die gevoelig zijn voor weersinvloeden. Zo hebben variaties in gewasopbrengsten, veroorzaakt door verschillen in neerslag of temperatuur, gevolgen voor nutriëntenopname, -overschot en/of -uitspoeling. Dit komt bijvoorbeeld tot uiting in de nitraatgehalten gemeten in het Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven (Fraters et al., 1997). Daar wordt een bedrijfsspecifieke en jaarspecifieke verdunningsfactor gebruikt, die afhangt van neerslag en verdamping, datum van bemonstering en de grondwaterstand tijdens bemonstering.

Naast een verbetering van de schatting van effecten van het weer ten behoeve van landbouweconomische en agronomische modellen kan een weerindex ook bijdragen aan de verbetering van uitspraken over toekomstige situaties. Bijvoorbeeld bij scenarioberekeningen ten behoeve van de Watersysteemverkenningen (Boers et al., 1997) is uitgegaan van een gemiddeld (hydrologisch) weerjaar. Meer inzicht over hoe zo'n jaar zich (landbouwkundig, agronomisch) verhoudt tot andere jaren (met name uitersten) geeft meer duidelijkheid over de range waarbinnen de resultaten zich in zichtjaren (toekomstige) kunnen bewegen. In dit verband kan ook de relatie met onderzoek binnen STONE worden genoemd. DLO, RIVM en RIZA werken gezamenlijk aan dit Samen Te Ontwikkelen Nutriënten-Emissiemodel, een consensusmodel voor het berekenen van de belasting van grond- en oppervlaktewater met nutriënten vanuit het landelijk gebied.

Noij et al. (1997) besteden in hun analyse van de aansluitingsmogelijkheden tussen het Stofstromenmodel en ANIMO (voor het beschrijven van bodemprocessen en uitspoeling binnen STONE) ook aandacht aan jaarspecifiek rekenen. Voorafgaand aan ANIMO wordt een jaarspecifieke (op basis van reële weersgegevens) waterbalans berekend. Het stofstromenmodel rekent nog niet jaarspecifiek. Er wordt uitgegaan van vochtleverend vermogen van de bodem in een 10% droogtejaar, dat is een gemiddeld weerjaar (De Vries, 1997). Dit levert aansluitingsproblemen op en een oplossing hiervoor is het jaarspecifiek maken van de berekeningen in het stofstromenmodel. Opbrengsten worden afhankelijk van hydrologisch weerjaar en het vochtleverend vermogen van de bodem.

## **1.2 Doelstelling en afbakening**

Doelstelling van dit rapport is het schatten van de variatie in gewasopbrengst tussen jaren, die aan het weer is toe te rekenen. Deze analyse wordt vanuit empirische gegevens uitgevoerd en moet aansluiten bij de analyse van proefgegevens door AB-DLO. Deze rapportage behandelt alleen de analyse uit de empirie op basis van het Bedrijven-Informatienet van het LEI (het Informatienet). Er is vanwege tijdsbeperkingen naar drie akkerbouwgewassen gekeken: wintertarwe, suikerbieten en fabrieksaardappelen. Voor deze gewassen wordt ook een voorstel voor inbouw in het stofstromenmodel geformuleerd. De overige gewassen, met name gras en maïs, komen in het AB-onderzoek aan de orde.

## **1.3 Inhoud van het rapport**

De doelgroep voor deze rapportage zijn met name onderzoekers. Daarom staat de beschrijving van de gebruikte methode om de weerjaareffecten te isoleren voorop (hoofdstuk 2), terwijl aan de beschrijving van de resultaten (hoofdstuk 4) minder aandacht wordt gegeven. In hoofdstuk 3 komen de gebruikte gegevens aan de orde. In hoofdstuk 5 worden de resultaten bediscussieerd en worden conclusies getrokken, onder andere voor het inbouwen van de gevonden weereffecten in het stofstromenmodel.

## 2. Methode

### 2.1 Inleiding

Oskam (1991) en Oskam en Reinhard (1992) beschrijven een methode voor het schatten van een weerindex vanuit een econometrisch model. De gebruikte gegevens in deze analyses betreffen geaggregeerde nationale gemiddelden per jaar over een lange periode (1948-1989). In de modelspecificatie wordt rekening gehouden met de technologische ontwikkeling. Deze wordt door Oskam (1991) geformuleerd als het systematische deel van de ontwikkeling in de opbrengsten, de weerjaarvariatie wordt door het stochastische deel beschreven.

De analyse in dit onderzoek wordt uitgevoerd met gegevens uit het Informatienet. Het betreft gegevens op bedrijfsniveau ('paneldata'). Hierdoor worden werkelijke opbrengsten aan werkelijke inputhoeveelheden gekoppeld, iets wat in de onderzoeken van Oskam niet mogelijk was. Verder bieden bedrijfsgegevens ten opzichte van nationale gemiddelden voordelen omdat meer variatie in de gegevens aanwezig is; zo kunnen bedrijfseffecten en jaareffecten worden geschat. De jaareffecten zijn van belang in ons onderzoek. De statistische consequenties van het gebruik van paneldata worden eerst, en meer in het algemeen beschreven (2.2). Vervolgens wordt de modelspecificatie in algemene vorm en de specifieke invulling per gewas beschreven in 2.3.

### 2.2 Paneldata

Paneldata maken het mogelijk om bedrijfseffecten en jaareffecten te isoleren. Er zijn twee mogelijkheden om deze bedrijfs- en jaareffecten te modelleren:

- De Fixed Effects (FE)-benadering  
Hierbij wordt ervan uitgegaan dat ieder bedrijf te karakteriseren is door middel van een specifiek bedrijfseffect dat constant wordt verondersteld voor dat bedrijf. Er zijn geen aannames noodzakelijk over de samenhang van bedrijfseffecten tussen bedrijven;
- De Random Effects (RE)-benadering  
Hierbij wordt ervan uitgegaan dat er een bedrijfseffect is voor alle bedrijven en dat verschillen tussen bedrijven (bedrijfseffecten van bedrijven) zijn te modelleren als (stochastische) afwijkingen van het gemiddelde. Het bovenstaande gaat ook op voor de jaareffecten.

Het verschil tussen de FE- en RE-benadering kan als volgt worden omschreven. In de FE-benadering wordt het fixed bedrijfseffect (impliciet) gemodelleerd door voor ieder bedrijf een afzonderlijke dummyvariabele op te nemen. Hierdoor stijgt het aantal verklarende variabelen en neemt het aantal vrijheidsgraden af. Als gevolg hiervan kunnen geen variabelen worden opgenomen die niet (of incidenteel) veranderen voor een bedrijf (bijvoorbeeld grond-

soort, locatie en opleiding van het bedrijfshoofd). De FE-benadering kent geen aannames over de samenhang tussen de verklarende variabelen en het bedrijfseffect, deze mogen dus een samenhang vertonen. Het hiervoor beschrevene gaat ook op voor een fixed jaareffect. Dat wil zeggen dat in een *two-way fixed-effects*-benadering (zowel bedrijfseffect als jaareffect) geen trend kan worden opgenomen omdat die onveranderlijk is voor een gegeven jaar. Het individuele bedrijfseffect kan eenvoudig worden afgeleid uit de schattingresultaten.

In de RE-benadering wordt het random bedrijfseffect gemodelleerd door een voor alle bedrijven gelijk bedrijfseffect plus een random afwijking van dit effect per bedrijf. Het aantal vrijheidsgraden is daardoor bij de RE-benadering veel groter dan bij de FE-benadering. Ook kunnen onveranderlijke variabelen zoals grondsoort, locatie enzovoort worden opgenomen. In de RE-benadering wordt verondersteld dat er geen samenhang is tussen de verklarende variabelen en het bedrijfseffect. Het hiervoor beschrevene voor het random bedrijfseffect gaat ook op voor een random jaareffect. Dat wil zeggen dat in een *two-way random-effects*-benadering (zowel bedrijfseffect als jaareffect) wel een trend kan worden opgenomen (inclusief kwadratische en meervoudige trendtermen). Het random jaareffect voor de individuele jaren kan niet eenvoudig worden afgeleid uit de schattingresultaten.

De RE-benadering voor bedrijfseffecten wordt in het volgende gekozen omdat dit de mogelijkheid biedt om grondsoort en locatie in het model op te nemen. Deze werkwijze biedt vanuit agronomisch opzicht de beste aansluitingsmogelijkheden. Jaareffecten worden als fixed effects benaderd.

## 2.3 Specificatie model

De specificatie kan worden opgedeeld in twee stappen: een eerste stap om het jaareffect te schatten en een tweede stap om hieruit het weereffect te isoleren.

Het jaareffect wordt geschat met het volgende model, gebruikmakend van een RE-model (voor het bedrijfseffect en een FE-model voor de jaareffecten (zie hoofdstuk 2.2):

$$Y_{it} = f(C_{it}, \text{jaar}_t, X_{it}, Z_i) + u_i + v_{it} \quad (1)$$

Met	$C_{it}$	= constante
	$\text{jaar}_t$	= jaardummy (bevat weereffect en technologische ontwikkeling)
	$Y_{it}$	= fysieke opbrengst
	$X_{it}$	= variabele inputs (bepaald door boer)
	$Z_i$	= bedrijfsspecifieke inputs (grondsoort, kwaliteit ondernemer)
	$u_i$	= niet waar te nemen bedrijfseffect
	$v_{it}$	= random disturbance
	$t$	= 1, ... (jaren)
	$i$	= 1, ... (bedrijven)

Verder worden de jaareffecten over de gehele periode gemiddeld gelijk aan 0 verondersteld. Om afhankelijkheid van de verklarende variabelen te vermijden moest een jaardummy

worden weggelaten; gekozen is voor de dummy van 1996.

De tweede stap is het isoleren van het weereffect uit het jaareffect. De werkwijze hierbij lijkt op een de methode uit Oskam (1991) en kan worden gezien als een systematische afwijking van de technologische ontwikkeling (zie vergelijking 2). Uitgangspunt zijn de geschatte regressiecoëfficiënten, van de jaardummy's die (een deel van) het resultaat de eerste stap vormen.

$$\text{Jaar} = f(T, T^2, \text{TR3}) \quad (2)$$

waarbij

$T$  = trendvariabele

$T^3$  is getransformeerd in  $\text{TR3}$  opdat de variabele loodrecht op  $T$  en  $T^2$  staat (Murdoch, 1966:34) <sup>1</sup>

De formulering van de trendtermen heeft de volgende achtergrond. Uitgangspunt is een variabele technologische ontwikkeling; dus zijn ook een tweede- en een derdegraadsterm toegevoegd, om een zo groot mogelijke flexibiliteit te bereiken. De complexe formulering is nodig om de termen zo orthogonaal mogelijk op elkaar te laten staan.

In principe kan zowel een multiplicatief model als een additief model worden geschat, maar in dit onderzoek vormen de door Oskam (1991) gevonden resultaten voor wintertarwe, fabrieksaardappelen en suikerbieten het uitgangspunt.

---

<sup>1</sup> Transformatie volgens:  $\text{TR3} = T^3 - ((T^3 * T^2) / (T^2 * T^2)) * T^2 - ((T^3 * T) / (T * T)) * T$ .

### 3. Materiaal

Bij de analyses wordt gebruikgemaakt van gegevens uit het Informatienet. Ongeveer 1.500 bedrijven maken jaarlijks deel uit van het Informatienet. Deze bedrijven zijn door middel van een gestratificeerde steekproef gekozen uit alle bedrijven in de Landbouwtelling. In het Informatienet wordt ieder jaar ongeveer eenzesde deel van de bedrijven ververst. Het aantal waarnemingen per jaar blijft zo ongeveer gelijk. Deze steekproeftechniek wordt wel aangeduid als een roterend panel. Het Informatienet kan aldus gekenmerkt worden als een paneldatabestand, oftewel een combinatie van een crossectie en een tijdreeks. Voor een uitgebreide beschrijving van het Informatienet, zie bijvoorbeeld Bouwman et al. (1997). Alle jaren die hierin voorkomen (dus vanaf 1975) zijn in de analyse betrokken. Per bedrijf zijn opbrengstgegevens, arealen en gegevens over de bemesting per gewas (kunstmestgiften voor wintertarwe, suikerbieten en fabrieksaardappelen) gebruikt.

De grondsoort heeft invloed hebben op de opbrengst. Naast structuurkenmerken, financieel-economische gegevens enzovoort worden in het Informatienet ook gegevens over de grondsoort vastgelegd (zie tabel 3.1).

*Tabel 3.1 Grondsoorten in Bedrijven-Informatienet*

1.	Zeeklei
2.	Rivierklei
3.	Laagveen
4.	Zand
5.	Dalgrond
6.	Löss- en verweringsgronden
7.	Klei op veen

Ten vereenvoudiging van de analyses zijn, na overleg met AB-DLO, 3 grondsoortgroepen onderscheiden: Klei, bestaande uit de grondsoorten 1, 2, 7, Zand (4 en 5) en de Overige grondsoorten.

Het weer verschilt per regio en ook bedrijfsontwikkeling is niet in alle regio's gelijk. Daarom is ook de regio als een variabele in de analyse opgenomen. In dit onderzoek is gebruikgemaakt van de 13-indeling (zie tabel 3.2).

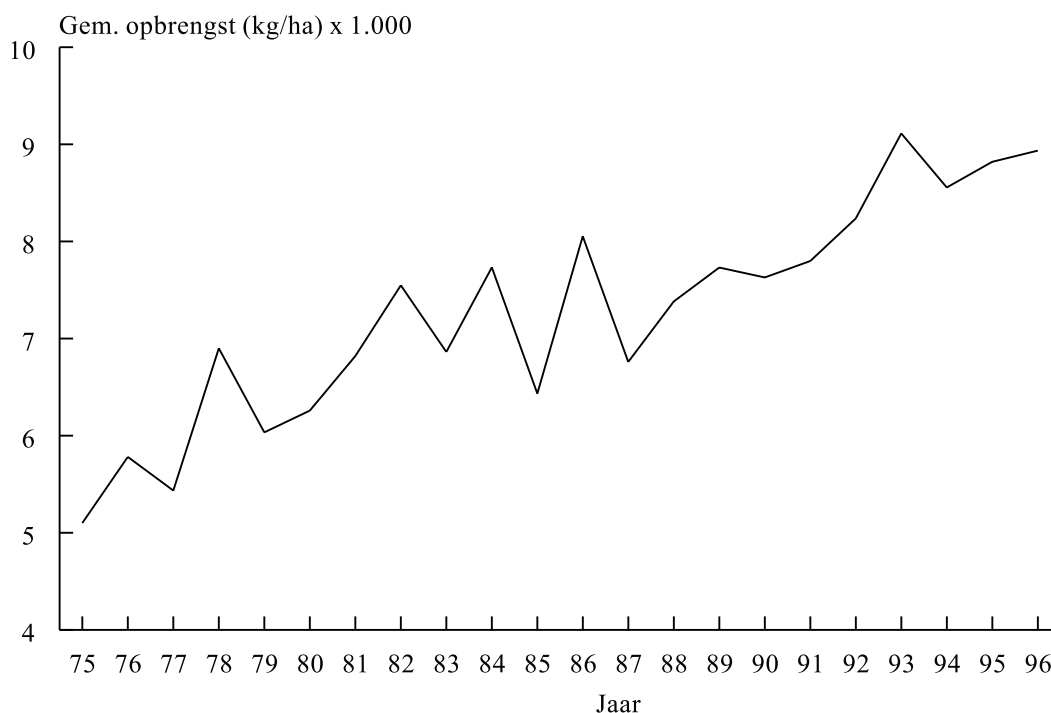
Ten behoeve van de analyses zijn de regio's 1, 2, 6, 7, 8 (Noord), 3, 4, en 5 (West), 9, 10 en 11 (Oost) en 12 en 13 (Zuid) samengevoegd (zie kaart 3.1).



Tabel 3.3      *Overzicht (gemiddelde (gem.), standaarddeviatie (St dev.), hoogste (Max) en laagste (Min) waarneming) van de opbrengsten, stikstofgift en oppervlakte per gewas*

	Gem.	St. dev.	Min.	Max.
Wintertarwe (N=5.119)				
Fysieke opbrengst (kg/ha)	7.274	1.643	1.333	13.680
N-gift kunstmest (kg/ha)	155	58	4	464
Oppervlakte gewas (ha)	14,3	13,6	0,15	128,3
Fabrieksaardappelen (N=2.154)				
Fysieke opbrengst (kg/ha)	40.946	8.552	8.972	69.815
N-gift kunstmest (kg/ha)	188	60	3	432
Oppervlakte gewas (ha)	17,8	15,8	0,5	137,8
Suikerbieten (N=7.990)				
Fysieke opbrengst (kg/ha)	54.558	12.078	8.833	96.395
N-gift kunstmest (kg/ha)	150	62	0,6	771,2
Oppervlakte gewas (ha)	9,6	7,7	0,1	80,6

De stijging in opbrengst bij suikerbieten is duidelijk kleiner dan die bij wintertarwe en de verschillen tussen jaren zijn aanzienlijk groter. Suikerbieten worden met name op zeelei, zand- en dalgrond geteeld, waarbij zeelei de hoogste opbrengsten geeft. De regionale spreiding is groot: suikerbieten komen voor in het Noordelijk zeeleigebied en in de polders, maar ook in de Veenkoloniën, het Noordelijk en het Zuidelijk zandgebied.



Figuur 3.1      Opbrengsten wintertarwe 1975-1996

Tabel 3.2 *Regio's in Bedrijven-Informatienet*

Noordelijk Zeekleigebied	1
Noordelijk Veenweidegebied	2
Noord-Hollandse droogmakerijen en IJsselmeerpolders	3
Westelijk weidegebied	4
Westelijk Zeekleigebied	5
Noordelijk Zandgebied	6
Veenkoloniën	7
Noordelijk Zandgebied	8
Oostelijk Zandgebied	9
Centraal Zandgebied	10
Rivierkleigebied	11
Zuidelijk Zandgebied	12
Zuid-Limburg	13

Voor de 3 gewassen zijn selecties uitgevoerd op de aanwezigheid in het Informatienet van het LEI (het voorkomen van) van het betreffende areaal, opbrengst, regio, grondsoort en kunstmestgift; er wordt van uitgegaan dat er kunstmest wordt gebruikt op bedrijven. Voor wintertarwe zijn 48 waarnemingen door deze selecties buiten de analyse gevallen, voor suikerbieten betreft het 11 waarnemingen en voor fabrieksaardappelen 21 waarnemingen. In alle gevallen is dit minder dan 1% van de totale hoeveelheid waarnemingen over de hele periode 1975-1996. Tabel 3.3 laat (na bovengenoemde selecties) de gemiddelden met standaarddeviatie, de minima en de maxima voor de gehele dataset 1975-1996 zien. Het betreft hier ongewogen gemiddelden. Bijlage 1 bevat een uitgebreider overzicht van de gegevens, waarbij deze naar grondsoort en LEI-regio zijn uitgesplitst.

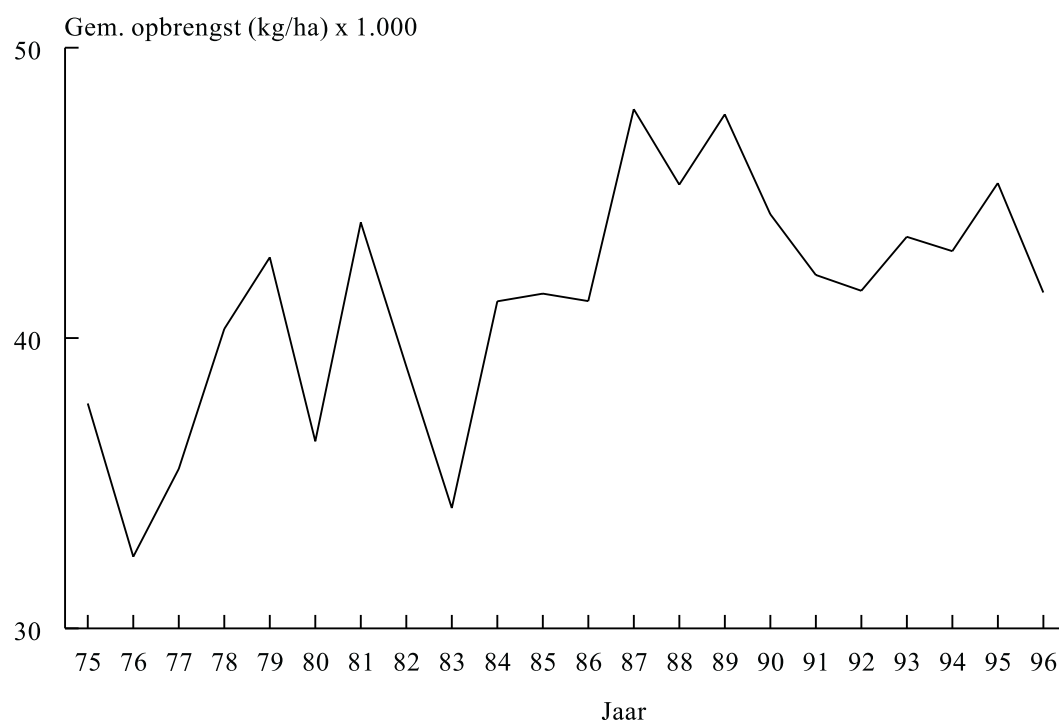
Figuren 3.1 t/m 3.3 geven voor de drie gewassen een overzicht van de gemiddelde opbrengst per jaar. De opbrengsten zijn onder andere gestegen als gevolg van verbeterd management door de boer, maar ook gebruik van rassen met een hogere opbrengst (technologische ontwikkeling, veredeling). Wintertarwe laat de grootste stijging in fysieke opbrengst zien. Van 1975-1996 is deze van plusminus 5.500 kg/ha tot plusminus 8.500 kg per hectare gestegen. Wintertarwe wordt hoofdzakelijk op zeeklei in het Noordelijk Zeekleigebied, de polders in Noord-Holland en Flevoland en het Westelijk Zeekleigebied verbouwd, en zeeklei is tevens de grondsoort met de hoogste gemiddelde opbrengst over de jaren heen. De jaren 90 laten een continue stijging zien die mede te verklaren is door 'Mac Sharry'; door de braaklegging worden granen op gemiddeld betere kwaliteit gronden verbouwd (Dijk en Hoogeveen, 1998).

Fabrieksaardappelen vertonen een kleinere stijging van de fysieke opbrengst. In de beschouwde periode is de opbrengst globaal van even onder de 40 ton per hectare tot ruim boven de 40 ton gestegen. Het overgrote deel van de waarnemingen bevindt zich in de Veenkoloniën en het Noordelijk zandgebied (dalgrond of zandgrond). Het lijkt dat het verbieden van grondontsmetting in de jaren 90 zijn uitwerking heeft gehad; de opbrengst blijft min of meer constant.

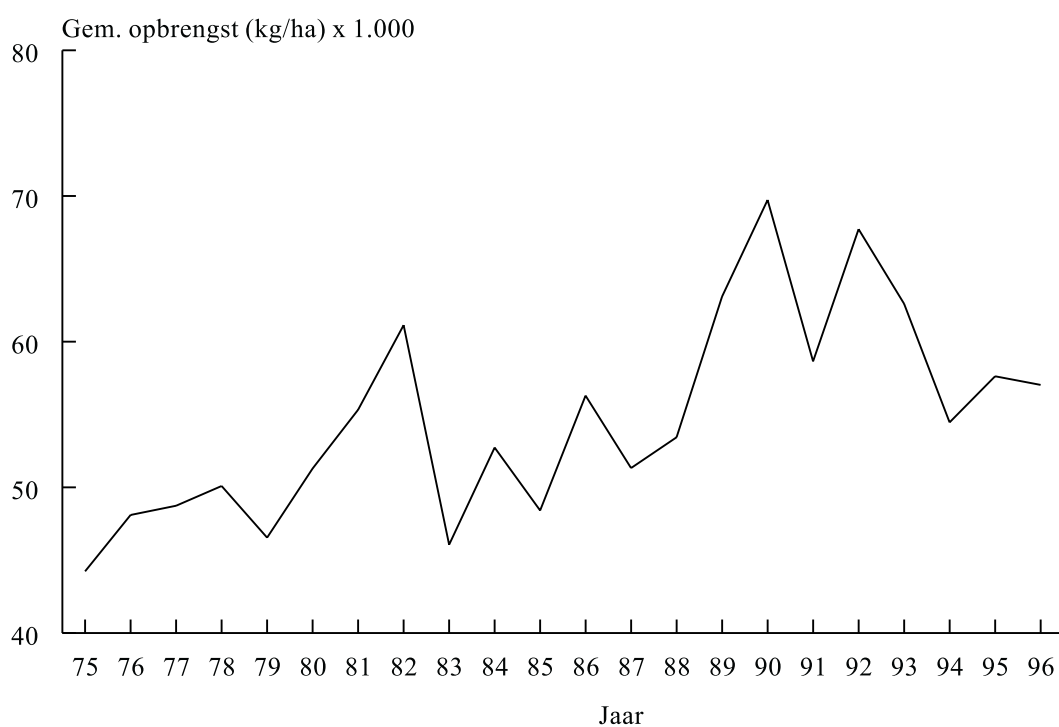
### *Kaart 3.1*

Indeling in 4 regio's op basis van de LEI 13-indeling, met verschillen in opbrengsten voor wintertarwe





*Figuur 3.2 Opbrengsten fabrieksaardappelen 1975-1996*



*Figuur 3.3 Opbrengsten suikerbieten (1975-1996)*

## 4. Resultaten

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven. De beschrijving is niet alleen gericht op de weerindices (in feite het resultaat van stap 2 in paragraaf 2.3). Aandacht zal ook worden gegeven aan de resultaten verkregen bij het isoleren van het jaareffect op zich (stap 1). De weerindices worden zo mogelijk vergeleken met de uitkomsten van Oskam (1991).

### 4.2 Wintertarwe

In principe kan zowel een multiplicatief model als een additief model worden geschat, maar in dit onderzoek vormen de door Oskam (1991) gevonden resultaten het uitgangspunt. Daarom is voor wintertarwe de modelspecificatie een multiplicatief model geschat (zie vergelijking 3). Verdere invulling van het model voor wintertarwe en logaritmische transformatie van vergelijking (1) uit paragraaf 2.3 levert op:

$$\ln Y_{it} = \ln (f(C_{it}, \text{jaar}_t, N\text{gift}_{it}, \text{Opp}_{it}, \text{Regio}_i, \text{Grondsoort}_i)) + u_i + v_{it} \quad (3)$$

Met  $C_{it}$  = constante  
 $\text{jaar}_t$  = jaardummy (bevat weereffect en technologische ontwikkeling)  
 $N\text{-gift}_{it}$  = Stikstofgift uit kunstmest (kg N/ha)  
 $\text{Opp}_{it}$  = Oppervlakte wintertarwe per bedrijf (ha)  
 $\text{Grondsoort}_i$  = grondsoort (Klei, Zand, Overig)  
 $\text{Regio}_i$  = regio (Noord, West, Oost, Zuid)  
 $u_i$  = niet waar te nemen bedrijfseffect  
 $v_{it}$  = random disturbance  
 $Y_{it}$  = fysieke opbrengst (kg/ha)  
 $t$  = 1 ... (jaren)  
 $i$  = 1 ... (bedrijven)

Meegenomen in modelspecificatie is een eerstegraadsterm voor de N-gift uit kunstmest; de inbreng van een kwadratische term voor de kunstmestgift (die kan duiden op afnemende meeropbrengsten) is getest maar de resultaten komen niet overeen met de theorie van de afnemende meeropbrengsten (de waarnemingen liggen kennelijk in een lineair gebied).

Tabel 4.1 geeft de resultaten van de analyse voor wintertarwe uit de eerste stap, het isoleren van het jaareffect (zie paragraaf 2.3). Tabel 4.2 geeft de uit de tweede stap afgeleide weerindices.

Tabel 4.1 Overzicht resultaten analyse isoleren jaareffect wintertarwe

Variabele	Parameterschatting	Standaardafwijking
Constante	8,5736	,0356
N-gift	,0685	,0064
Opp.	,0283	,0027
Regio		
West	,0220	,0133
Oost	,1053	,0138
Zuid	-,0032	,0186 (ns)
Grondsoort		
Zand	,0473	,0178
Overig	-,1312	,0172
R2 (adjusted)	,60	

ns = niet significant ( $P < 0,10$ )

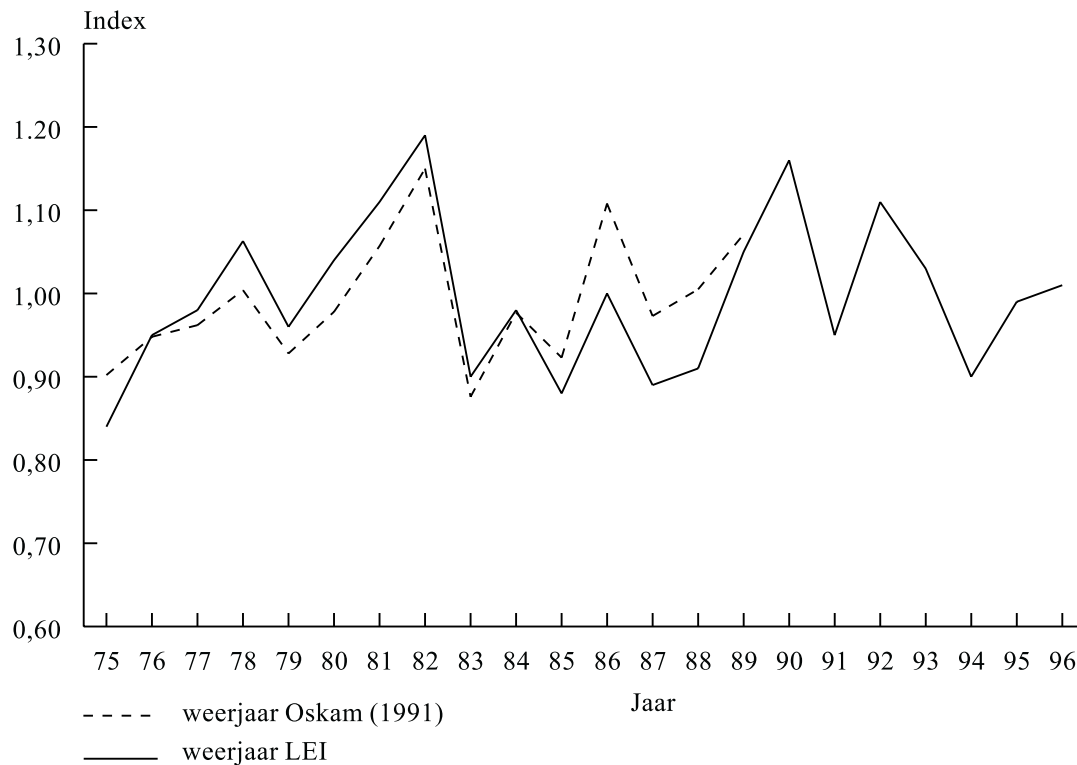
De stikstofgift (N-gift) draagt zoals verwacht positief bij aan de opbrengst. De constante factor bevat de effecten van de regio Noord en grondsoort Klei. Regio-effecten (ten opzichte van Noord) zijn positief voor West en Oost. In Zuid komt weinig wintertarwe voor en zijn de regio-effecten niet significant. Zandgronden hebben een positief, Overige gronden een negatief effect ten opzichte van kleigronden. De opbrengsten op kleigronden zijn in het algemeen hoger, maar dit geldt ook voor de bemesting met stikstof over de gehele periode.

Tabel 4.2 Overzicht geschatte weerindices 1975-1996 voor wintertarwe

1975	0,67	1986	1,12
1976	0,81	1987	0,92
1977	0,82	1988	0,95
1978	1,06	1989	0,97
1979	0,96	1990	0,93
1980	1,01	1991	0,93
1981	1,09	1992	0,96
1982	1,19	1993	1,05
1983	1,06	1994	0,98
1984	1,16	1995	1,01
1985	0,94	1996	1,06

De onderdelen van geschatte trendfunctie waren alle significant verschillend van 0, waarbij de eerste macht een negatief, de tweede en de derde macht een positief teken gaven. De weerindex varieert van 0,67 tot 1,19 (Tabel 4.2) en is opvallend laag in het begin van de

periode van analyse (1975-1977), zeker ook in vergelijking met Oskam (1991, figuur 4.1). Het jaar 1982 springt eruit; dit was een droog en relatief warm jaar, met vrij veel zon in voorjaar en zomer evenals 1984 en 1986. Dit is in overeenstemming met figuur 3.1. De resultaten van Oskam komen vanaf 1980 goed overeen met die uit deze studie (correlatie van 0,87 over de periode 1977-1989).



Figuur 4.1 Weerindices wintertarwe en vergelijking met Oskam (1991)

### 4.3 Fabrieksaardappelen

Voor fabrieksaardappelen is op basis van Oskam (1991) een multiplicatief model geschat. Verdere invulling inclusief transformatie leverde de volgende specificatie op:

$$\ln Y_{it} = \ln (f(C_{it}, \text{jaar}_t, N\text{gift}_{it}, \text{Opp}_{it}, \text{Grondsoort}_i)) + u_i + v_{it} \quad (4)$$

Met  $C_{it}$  = constante  
 $\text{jaar}_t$  = jaardummy (bevat weereffect en technologische ontwikkeling)  
 $N\text{-gift}_{it}$  = Stikstofgift uit kunstmest (kg N/ha)  
 $\text{Opp}_{it}$  = Oppervlakte fabrieksaardappelen per bedrijf (ha)  
 $\text{Grondsoort}_i$  = Grondsoort (Klei, Zand, Overig)  
 $U_i$  = niet waar te nemen bedrijfseffect

$V_{it}$	= random disturbance
$Y_{it}$	= Fysieke opbrengst (kg/ha)
$t$	= 1 ... (jaren)
$i$	= 1 ... (bedrijven)

In de specificatie was in eerste instantie ook regio opgenomen. In verband met collineariteitsproblemen, veroorzaakt doordat alle fabrieksaardappelen in het Noorden voorkomen, is regio uit het model verwijderd. Ook bij dit gewas is een tweedegraadsterm voor de bemesting met kunstmest getest, maar de resultaten waren niet bevredigend. De gevonden coëfficiënten stemden niet overeen met de verwachting volgens de theorie van de afnemende meeropbrengsten.

Tabel 4.3 geeft de resultaten van de analyse voor fabrieksaardappelen uit de eerste stap (isoleren jaareffect). De constante is inclusief het effect van grondsoort Klei. Tabel 4.4 geeft de uit de tweede stap afgeleide weerindices.

Tabel 4.3 geeft de resultaten van de analyse voor fabrieksaardappelen uit de eerste stap (isoleren jaareffect). De constante is inclusief het effect van grondsoort Klei. Tabel 4.4 geeft de uit de tweede stap afgeleide weerindices.

*Tabel 4.3      Overzicht resultaten analyse isoleren jaareffect fabrieksaardappelen*

Variabele	Parameterschatting	Standaardafwijking
Constante	10,2298	,0637
N-gift	,0511	,0110
Opp.	,0524	,0056
Grondsoort		
Zand	-,0090	,0340 ns
Overig	-,0113	,0297 ns
$R^2$ (adjusted)	0,28	

ns = niet significant ( $P < 0,10$ )

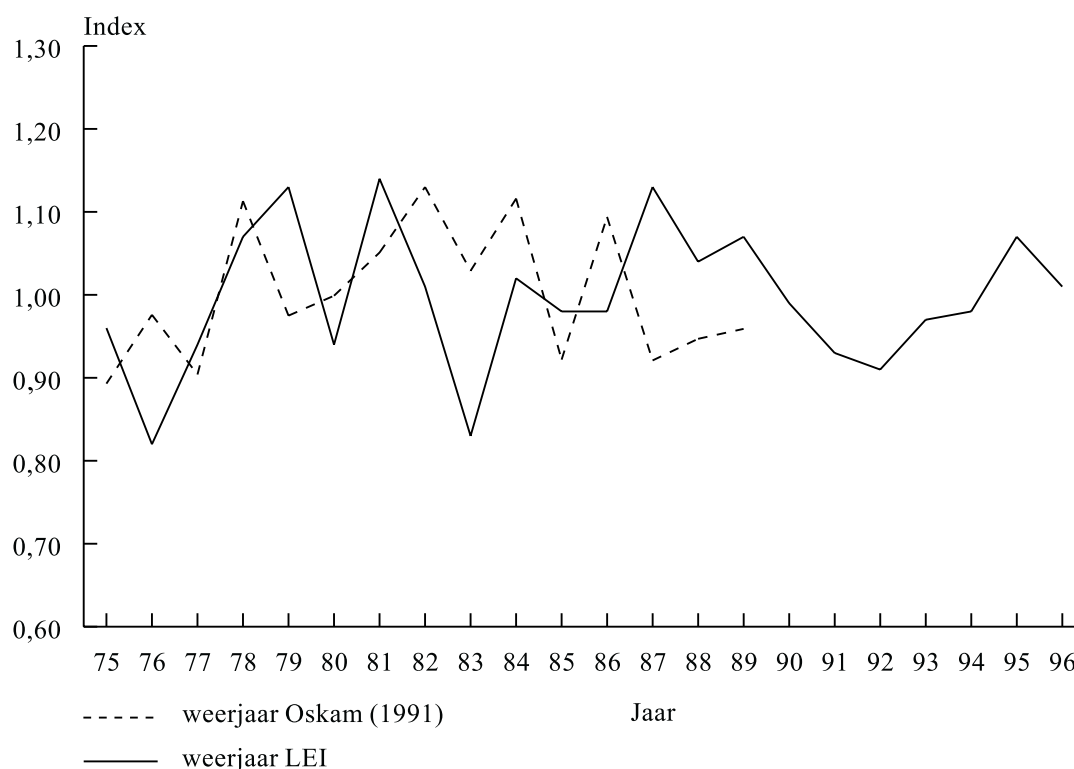
Zowel de kunstmestgiften als de oppervlakte gewas (Opp.) dragen significant bij aan de verklaring van de opbrengst. Grondsoorteffecten zijn niet significant. De verklaring van de variantie is duidelijk lager dan bij wintertarwe. Dit kan te maken hebben met de verschillen in oogstmoment (afleveren aan fabriek en dus wordt oogstmoment niet door boer maar door fabriek bepaald).



Tabel 4.4      *Overzicht geschatte weerindices 1975-1996 voor fabrieksaardappelen*

1975	0,96	1986	0,98
1976	0,82	1987	1,13
1977	0,94	1988	1,04
1978	1,07	1989	1,07
1979	1,13	1990	0,99
1980	0,94	1991	0,93
1981	1,14	1992	0,91
1982	1,01	1993	0,97
1983	0,83	1994	0,98
1984	1,02	1995	1,07
1985	0,98	1996	1,01

De onderdelen van geschatte trendfunctie waren alle significant verschillend van 0 en vergelijkbaar met die geschat voor wintertarwe. De weerindex heeft een range van 0,82-1,14 (Tabel 4.4). 1976 en 1983 zijn negatieve uitschieters, 1981 en 1987 positieve. Het jaar 1983 was warmer dan normaal, had een nat voorjaar en een droge zomer met veel zonne-uren. Het beeld komt goeddeels met Oskam overeen (correlatie van 0,80), zie ook figuur 4.2).



Figuur 4.2      *Weerindices fabrieksaardappelen en vergelijking met Oskam (1991)*

#### 4.4 Suikerbieten

Voor suikerbieten is een additief model geschat (Oskam, 1991). Verdere invulling levert de volgende specificatie op:

$$Y_{it} = (f(C_{it}, \text{jaar}_t, N\text{gift}_{it}, \text{Opp}_{it}, \text{Regio}_i, \text{Grondsoort}_i)) + u_i + v_{it} \quad (5)$$

Met $C_{it}$	= constante
$\text{jaar}_t$	= jaardummy (bevat weereffect en technologische ontwikkeling)
$N\text{-gift}_{it}$	= Stikstofgift uit kunstmest (kg N/ha)
$\text{Opp}_{it}$	= Oppervlakte suikerbieten per bedrijf (ha)
$\text{Regio}_i$	= regio (Noord, West, Oost, Zuid)
$\text{Grondsoort}_i$	= grondsoort (Klei, Zand, Overig)
$Y_{it}$	= Fysieke opbrengst (kg/ha)
$u_i$	= niet waar te nemen bedrijfseffect
$v_{it}$	= random disturbance
$t$	= 1 ... (jaren)
$i$	= 1 ... (bedrijven)

Een multiplicatief model is wel getest, maar voldeed niet beter (gaf geen hogere verklaarde variantie). Ook de inbreng van een tweedegraadsterm voor de N-bemesting gaf geen betere resultaten.

Tabel 4.5 geeft de resultaten van de analyse voor suikerbieten uit de eerste stap (isoleren jaareffect). De constante is inclusief regio Noord en grondsoort Klei. Tabel 4.6 geeft de uit de tweede stap afgeleide weerindices.

*Tabel 4.5      Overzicht resultaten analyse isoleren jaareffect suikerbieten*

Variabele	Parameterschatting	Standaardafwijking
Constante	54.917,1	894,0
N-gift	-2,6912	1,8063   ns
Opp.	59,575	12,888
Regio		
West	-5.915,9	419,8
Oost	1.560,4	476,8
Zuid	-3.447,9	661,0
Grondsoort		
Zand	4.527,8	702,3
Overig	464,3	656,0   ns
$R^2$ (adjusted)	.48	

ns = niet significant ( $P < 0,10$ )

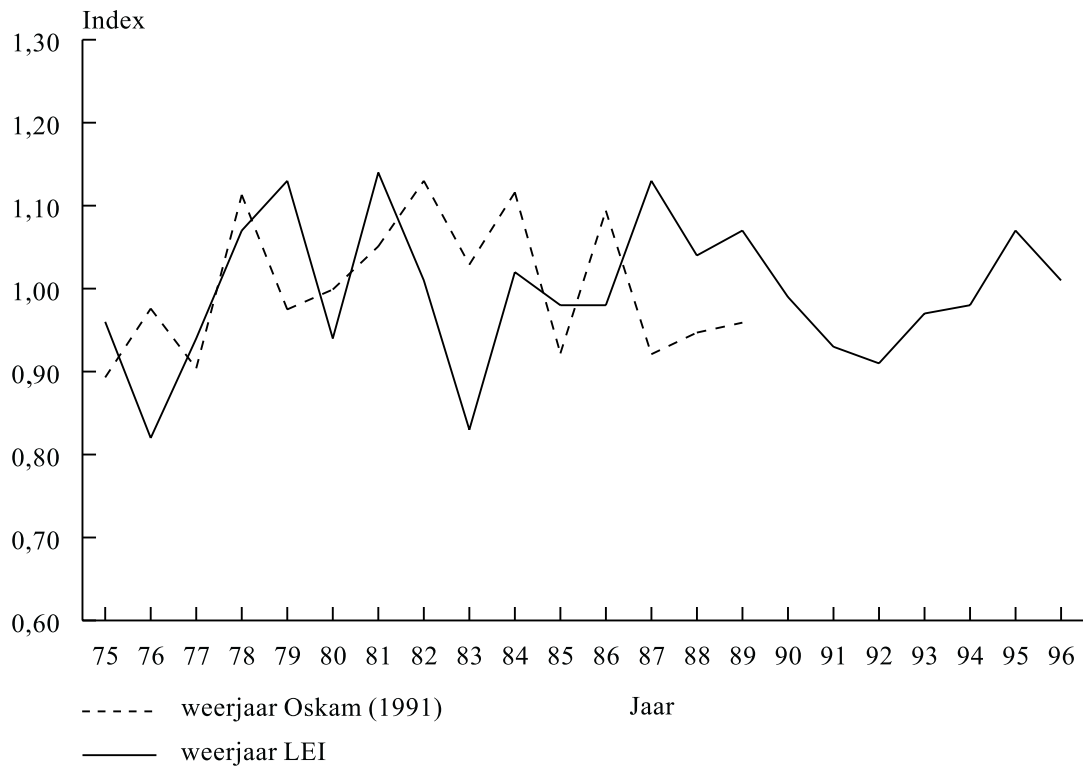
Bij suikerbieten draagt de stikstofgift niet significant bij aan de verklaring van de verschillen in opbrengsten. Regio-effecten en het verbouwen van het gewas op Zandgronden dragen wel significant bij aan de verklaring van de verschillen in opbrengsten.

Het merendeel van de waarnemingen in Zuid ligt op de Zandgronden. Er zijn geen interacties meegenomen tussen regio en grondsoort. Dit kan verklaren waarom Zandgronden positief bijdragen en regio Zuid juist negatief.

De geschatte trendfunctie had een vergelijkbare vorm als die voor de andere twee gewassen, alle coëfficiënten zijn significant verschillend van 0. De weerindices variëren van 0,84 tot 1,19 (Tabel 4.6). De jaren 1982 en 1990 zijn uitschieters in positieve zin, 1975 in negatieve zin. Zo was 1985 een koud jaar met relatief weinig zonne-uren, terwijl 1990 juist een warm jaar was met veel zonneschijn. De overeenkomst met Oskam (1991) is wederom goed en op een vergelijkbaar niveau als bij fabrieksaardappelen (correlatie van 0,80, zie ook figuur 4.3).

*Tabel 4.6      Overzicht geschatte weereffecten 1975-1996 voor suikerbieten*

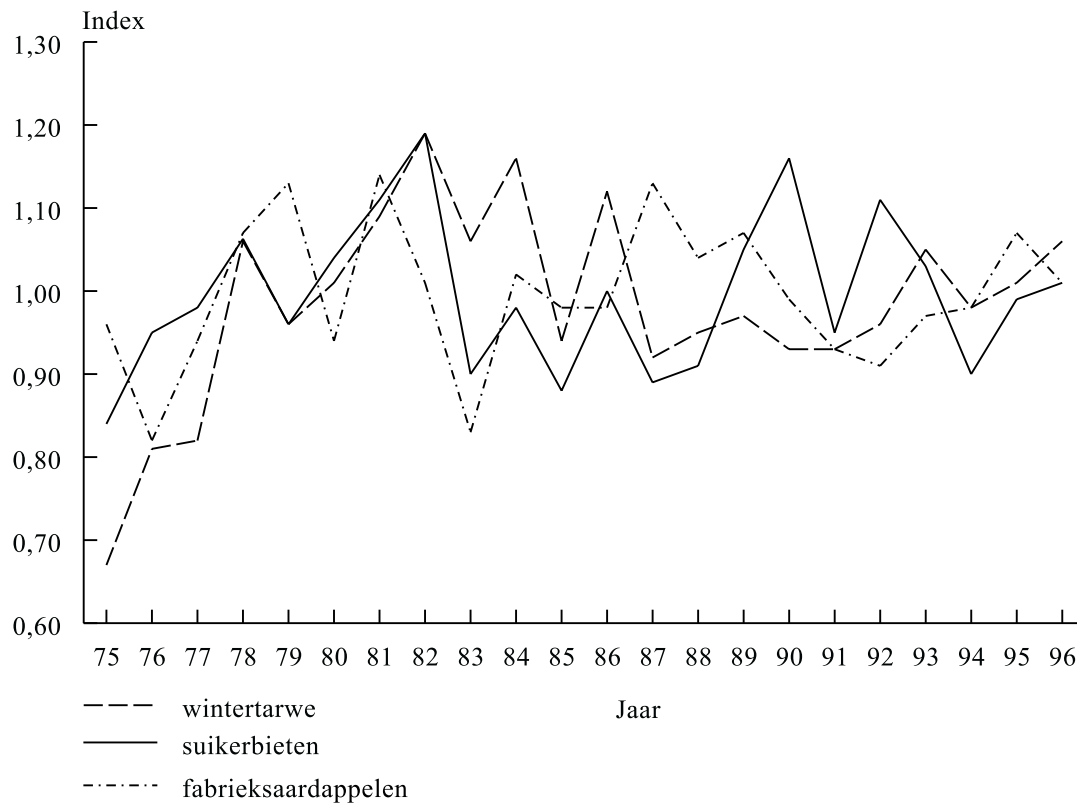
1975	0,84	1986	1,00
1976	0,95	1987	0,89
1977	0,98	1988	0,91
1978	1,03	1989	1,05
1979	0,96	1990	1,16
1980	1,04	1991	0,95
1981	1,11	1992	1,11
1982	1,19	1993	1,03
1983	0,90	1994	0,90
1984	0,98	1995	0,99
1985	0,88	1996	1,01



*Figuur 4.3 Weerindices suikerbieten en vergelijking met Oskam (1991)*

#### 4.5 Samenvattend

In figuur 4.4 zijn de weereffecten voor de drie gewassen samengevat. De effecten lopen behoorlijk uiteen gedurende de periode. De Pearson-correlatie tussen de effecten van wintertarwe en suikerbieten is nog 0,50 (significant verschillend van 0), maar de correlatie tussen wintertarwe en fabrieksaardappelen is 0,26 (niet significant van 0 verschillend) en de correlatie suikerbieten en fabrieksaardappelen is slechts 0,16 (eveneens niet significant van 0 verschillend). Effecten van een specifiek (weer)jaar zijn dus niet gelijk voor de drie gewassen.



*Figuur 4.4 Weerindices voor drie gewassen*

Het is verder duidelijk dat de extremen voor de drie gewassen zich redelijk op een gelijk niveau bevinden, de range gaat ruwweg van 0,80 tot 1,20. Verder lijken de extremen zich met name in de periode vóór 1985 voor te doen en vindt er in de jaren 90 een zekere vervlakking plaats.

## 5. Discussie en conclusies

### 5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk zet het in voorgaande hoofdstukken beschrevene in perspectief. Met name de methode van schatten van weerjaareffecten (in directe samenhang met de gebruikte gegevens) en de resultaten komen aan de orde (5.2). Vervolgens wordt een voorstel tot het opnemen van weerindices in het stofstromenmodel geformuleerd (5.3). Daaruit worden vervolgens in 5.4 de conclusies getrokken.

### 5.2 Discussie

Doel van dit onderzoek is het schatten van effecten van het weer op gewasopbrengst, met name ten behoeve van een verbeterde schatting van effecten van het weer. Uitgangspunt is het inbrengen in agronomische modellen (Noij et al., 1997), maar ook landbouweconomische modellen kunnen baat hebben bij de analyses. Er heeft een uitwerking plaatsgevonden voor wintertarwe, fabrieksaardappelen en suikerbieten. Resultaten zijn een weerindex over de periode 1975-1999 (afgeleid van jaareffect en de inschatting van de technologische ontwikkeling) en daarnaast de invloed van regio, oppervlakte gewas op het bedrijf, kunstmestbemesting en grondsoort op de opbrengst.

Oskam (1991) heeft een soortgelijk onderzoek uitgevoerd voor een twaalfstal akkerbouwgewassen voor de periode 1948-1989. Hij heeft gebruikgemaakt van nationale gemiddelde opbrengsten uit *Landbouwcijfers*. Zoals in hoofdstuk 4 aangegeven komen Oskams resultaten goed overeen met wat in deze studie is gevonden. De vraag rijst dan wel wat de toegevoegde waarde is van een analyse met gegevens op bedrijfsniveau (paneldata). Dit vraagt immers een methode van schatting die ingewikkelder is dan de methode van Oskam.

De meerwaarde komt voort uit de beschikbaarheid van de bedrijfsgegevens; paneldata van bedrijven bevatten veel meer variatie dan de landelijke gemiddelden. Bovendien is deze variatie te verbinden met aspecten zoals regio of grondsoort. Ook is een beter beeld te geven van het effect van kunstmestgift en kunnen schaaleffecten (areaal gewas) worden weergegeven. Dit alles biedt mogelijkheden om de variatie die optreedt als gevolg van het weer nauwkeuriger af te leiden, daar waar Oskam zich moet beperken tot systematische en niet-systematische (en dus weer)effecten.

Wel moet hierbij worden opgemerkt dat met name interacties (tussen jaar en grondsoort, bemesting en grondsoort) in de modelspecificatie in dit onderzoek niet zijn meegenomen. Het specifieke effect van bijvoorbeeld een extreem weerjaar op de opbrengst van wintertarwe in het noorden is op zich uit dit onderzoek af te leiden. Door schattingen van bovengenoemde interacties kan dit effect nog zuiverder worden bepaald. Er is ook niet nader ingegaan op bijvoorbeeld de inbreng van het effect van de inzet van gewasbeschermingsmiddelen, iets wat

Dijk et al. (1995) wel hebben gedaan in hun analyse voor wintertarwe.

Er zijn duidelijk verschillen tussen gewassen in weereffect in een jaar, zoals te verwachten is een jaar niet voor ieder gewas gelijk. De locatie van een bedrijf, maar ook technische factoren (zaaitijdstip, oogstmoment, mogelijkheden tot beregenen enzovoort) hebben hierop invloed. Niet geanalyseerd is in dit verband het effect van het hanteren van een bouwplan binnen een bedrijf, met andere woorden hangt nu de schatting van de weerindex voor wintertarwe samen met de schatting van de weerindex voor suikerbieten op hetzelfde bedrijf? In ieder geval lijkt hier een samenhang in de jaareffecten (weersomstandigheden) op te treden. Is dit werkelijk het geval, dan komt een methode gebaseerd op simultane schattingen, zoals toegepast door Oskam en Reinhard (1992) in aanmerking.

### 5.3 Voorstel voor opnemen weerjaarsafhankelijkheid in stofstromenmodel

Dit onderzoek heeft relaties gelegd tussen N-giften, locaties van bedrijven (regio's) grondsoorten, bedrijfsspecifieke factoren, jaareffecten (zoals weer, maar ook technologische ontwikkeling) en opbrengsten per hectare. Van daaruit zijn per jaar weerindices afgeleid. Hiermee kan het effect op de fysieke productie van extreme weerjaren worden ingebracht in modellen, zoals het stofstromenmodel.

Het stofstromenmodel berekent de gewasproductie van onder andere wintertarwe, fabrieksaardappelen en bieten. Hierbij wordt met de N-bemesting rekening gehouden. Er wordt geen directe relatie met grondsoort of met regio gelegd. Wel bestaan 'ijkingsfactoren' in het model, waarmee de productie van een gewas aangepast kan worden.

De gevonden weerindexen hebben over de geanalyseerde 22 jaren extremen. Deze uitersten zouden per gewasgroep kunnen worden ingebracht als correctiefactoren op de productie en kunnen dan met name in toekomstverkenningen een rol spelen. Er is geen aandacht besteed aan interacties tussen bijvoorbeeld bemesting en jaar, en ook niet tussen regio of grondsoort en jaren.

Het voorstel tot inbouwen is dan als volgt:

Tabel 5.1 In te bouwen correctiefactoren op gewasproductie in het Stofstromenmodel

Gewas	Correctiefactor op productie	
	Extreem positief jaar	Extreem negatief jaar
Wintertarwe	1,19	0,82
Fabrieksaardappelen	1,14	0,82
Suikerbieten	1,19	0,84

Indices voor overige gewassen zouden kunnen worden afgeleid met behulp van de in dit onderzoek gebruikte methode.

Hiervoor is aangegeven welke weerindices in het stofstromenmodel kunnen worden ingebouwd. De overige regressiecoëfficiënten uit hoofdstuk 4 (vermeld in tabel 4.1, 4.3 en 4.5) kunnen niet zonder meer worden gebruikt in het model. Het stofstromenmodel houdt bij de berekening van de gewasopbrengsten al rekening met de stikstofgift (directe relatie). Regionale factoren en grondsoort zitten hier soms al in verweven, de kunstmestgift op grasland varieert per grondsoort.

## **5.4 Conclusies**

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- voor wintertarwe, fabrieksaardappelen en suikerbieten zijn weerjaareffecten (weerindices) geschat aan de hand van een paneldata-analyse;
- de analysemethode in dit onderzoek, op basis van Paneldata, biedt goede mogelijkheden om weerjaareffecten te schatten in relatie tot andere effecten op gewasproductie (bijvoorbeeld grondsoort of bemesting). Dit is een voordeel ten opzichte van het gebruik van nationale gemiddelde gegevens;
- de weerjaareffecten komen goed met de effecten uit de literatuur overeen;
- resultaten kunnen worden ingebouwd in het stofstromenmodel.



# Literatuur

Boers, P.C.M. et al., *Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw*. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, DLO-Staring Centrum en Waterloopkundig Laboratorium, Lelystad, 1997.

Bouwman, W.A.H.B., J. Dijk, J.P.M. van Dijk en L.C. van Staalduinen, *Verslag bedrijfskeuze 1996 en selectieplan 1997*. Periodieke Rapportage 4-96. LEI-DLO, Den Haag, 1997.

Dijk, J., Hoogeveen, M.W. en T. de Haan, *EU-landbouwbeleid en milieubelasting in graan- en grasteelt*. Onderzoekverslag 132. LEI-DLO, Den Haag, 1995, 186 pp.

Dijk, J. en M.W. Hoogeveen, 'The effect of Prices Changes on the Use of Fertilizer and Pesticides in Dutch Wheat Production'. In: Wossink, G.A.A., G.C. van Kooten and G.H. Peters, 1998. *Economics of Agro-Chemicals-an international overview of use patterns, technical and institutional determinants, policies and perspectives*. Ashgate, Aldershot, England, 1998, pp. 195-205.

Fraters, B., H.A. Vissenberg, L.J.M. Boumans, T. de Haan en D.W. de Hoop, *Resultaten Meetprogramma Kwaliteit bovenste grondwater Landbouwbedrijven in het Zandgebied (MKBGL-zand) 1992-1995*. Rapport 714801014. Bilthoven/RIVM/LEI-DLO/RIVM, Den Haag, 1997.

Noij, G.J., A.H.J. van der Putten, J. Roelsma, J. Dijk, H. Leneman en C.W.J. Roest, *Naar een geïntegreerde berekening van nutriëntenstromen op landbouwbedrijven en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater-Integratie van STONE met het Stofstromenmodel*. Rapport 538. DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1997, 87 pp.

Murdoch, D.C., *Linear Algebra for Undergraduates*. Wiley, New York, 239 pp.

Oskam, A.J., 'Weather indices of agricultural production in the Netherlands 1948-1989.'1. General methodology and the arable sector'. In: *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39, (1991), pp. 149-164.

Oskam, A.J. en A.J. Reinhard, 'Weather indices of agricultural production in the Netherlands 1948-1989.' 2. Grassland. In: *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40 (1992), 187-205.

Vries, F. de, *Globale statistiek van landhoedanigheden in Nederland*. Rapport 504. Staring Centrum-DLO, Wageningen, 1997, 29 pp.



# Bijlage 1      Overzicht gegevens per regio, gebied en jaar voor 3 gewassen

## Wintertarwe

<i>Jaar</i>		Opbrengst	Min.	Max.	Std. dev.	N-gift	Areaal	N
75	Gem.	5100,5193	2048,75	7663,76	1133,2629	99,0997	8,4239	169
76	Gem.	5781,9548	1977,93	8148,74	1152,2039	99,5083	11,1899	231
77	Gem.	5435,7366	2332,00	8429,53	1003,4590	94,5063	11,2492	261
78	Gem.	6899,9484	3000,00	9117,41	1073,7703	106,5849	12,0892	249
79	Gem.	6034,5710	1425,00	9079,79	1111,0976	117,3740	13,4628	275
80	Gem.	6258,4307	2841,30	8558,02	1044,2779	129,9943	14,1685	255
81	Gem.	6820,4345	2898,00	9396,35	1175,1547	140,8501	13,0311	238
82	Gem.	7548,6533	1865,50	10340,25	1107,3889	150,7242	13,1718	211
83	Gem.	6862,8802	1333,33	9921,64	1269,1565	155,0516	14,6144	242
84	Gem.	7733,3680	3576,80	10985,01	1385,0904	168,4292	15,5076	250
85	Gem.	6434,2306	2593,08	8951,97	1113,1981	172,5923	15,4315	227
86	Gem.	8053,6058	4633,33	10145,70	979,4270	183,6944	16,1485	197
87	Gem.	6759,7556	3927,71	8421,13	913,1188	182,4960	15,2013	194
88	Gem.	7381,9833	2336,00	10098,53	1250,8380	193,6544	14,3008	203
89	Gem.	7731,5250	2897,56	10363,04	1122,9493	172,9400	16,2832	246
90	Gem.	7629,7253	2225,71	13679,56	1406,4425	165,3195	16,7258	269
91	Gem.	7798,5645	3216,50	9864,67	1040,1999	171,3268	15,1180	235
92	Gem.	8236,6998	3383,00	12854,57	1367,3710	167,4001	15,3221	236
93	Gem.	9112,2366	4571,50	12180,50	1488,5811	174,0924	15,4184	226
94	Gem.	8555,9702	4364,44	12279,38	1519,0002	191,2614	14,8135	221
95	Gem.	8820,3292	2713,33	11774,47	1455,7401	203,6563	16,0150	229
96	Gem.	8935,6947	3327,42	12500,00	1493,3935	189,9897	15,6994	255
Totaal	Gem.	7274,2063	1333,33	13679,56	1643,3539	155,2812	14,3003	5119

<i>Grondsoort</i>		Opbrengst	Min.	Max.	Std. dev.	N-gift	Areaal	N
1	Gem.	7558,9794	1977,93	13679,56	1546,4550	162,0632	15,6468	4056
2	Gem.	7141,5433	2666,40	10204,14	1410,5798	130,6632	11,0662	208
3	Gem.	5301,1745	4004,17	7236,33	875,3186	129,0359	12,5553	17
4	Gem.	5645,7772	1333,33	9945,60	1532,3977	121,0092	6,9636	370
5	Gem.	6005,2966	2593,08	8469,93	1185,9450	140,9687	8,4582	288
6	Gem.	6667,9525	2776,67	10488,11	1639,9136	125,8628	11,5997	131
7	Gem.	6324,8192	2716,07	10858,75	1733,5500	129,0637	14,1367	49
Totaal	Gem.	7274,2063	1333,33	13679,56	1643,3539	155,2812	14,3003	5119

<i>LEI-regio</i>		Opbrengst	Min.	Max.	Std. dev.	N-gift	Areaal	N
1	Gem.	7151,8086	1977,93	12854,57	1439,6859	159,5877	21,5725	1287
2	Gem.	5865,8586	4603,75	6835,35	805,7093	88,5506	4,0300	5
3	Gem.	7774,5147	3531,43	12180,50	1533,1493	145,4564	11,5057	1056
4	Gem.	7413,3836	4009,04	11648,27	1749,1425	144,0601	14,0975	69
5	Gem.	7688,7102	2534,03	13679,56	1587,1372	173,0004	13,8272	1745
7	Gem.	5871,0368	2593,08	8850,76	1154,4087	140,7014	9,3833	342
8	Gem.	5794,4349	2852,80	8114,25	1100,5098	122,9510	6,3113	106
9	Gem.	5366,4484	2841,30	8332,20	1761,6461	82,3131	3,7050	22
10	Gem.	6441,3976	3389,25	8253,80	997,8736	148,2544	6,1400	20
11	Gem.	7254,1071	2666,40	10192,39	1512,7825	124,1403	11,9575	109
12	Gem.	5886,1364	1333,33	9979,70	1804,2075	122,2638	5,6436	228
13	Gem.	6638,5667	2776,67	10148,44	1611,2620	125,2954	11,5052	130
Totaal	Gem.	7274,2063	1333,33	13679,56	1643,3539	155,2812	14,3003	5119

*Fabrieksaardappelen*

<i>Jaar</i>		Opbrengst	Std. dev.	N-gift	Areaal	N
75	Gem.	37747,7169	6570,5711	188,6298	12,9763	121
76	Gem.	32470,4203	8315,2969	189,6497	13,3738	131
77	Gem.	35496,7803	6174,6614	187,8429	13,4602	128
78	Gem.	40316,7277	6352,5106	199,2731	14,8217	121
79	Gem.	42781,3151	7125,1833	206,9143	15,9912	111
80	Gem.	36443,6792	7700,7663	201,9125	16,9081	108
81	Gem.	43983,4384	6079,4307	206,1049	16,6026	103
82	Gem.	39025,5833	7356,8047	193,9674	16,1633	102
83	Gem.	34145,9707	9471,8453	214,2653	16,3286	91
84	Gem.	41265,4702	6964,4495	211,6847	16,1128	88
85	Gem.	41530,8832	8255,0587	202,3347	17,9874	92
86	Gem.	41273,9546	7405,4616	195,7889	17,6652	88
87	Gem.	47885,3968	7178,9314	204,5285	16,2408	91
88	Gem.	45286,2839	7485,1112	194,0735	16,9146	97
89	Gem.	47705,0215	8100,1684	188,7901	20,2368	94
90	Gem.	44268,8481	7372,5479	206,5616	20,2983	103
91	Gem.	42175,1721	7849,6102	174,7991	19,9158	88
92	Gem.	41628,6137	8912,6477	152,6048	22,1563	91
93	Gem.	43488,4742	7796,8055	150,9621	22,5663	83
94	Gem.	42994,6564	8402,7354	144,8857	22,7624	85
95	Gem.	45336,3734	7364,1424	134,2140	25,7382	73
96	Gem.	41570,1100	7282,5037	127,1114	28,1266	65
Totaal	Gem.	40946,9713	8551,9226	187,6583	17,7840	2154

<i>Grondsoort</i>		Opbrengst	Std. dev.	N-gift	Areaal	N
1	Gem.	39591,9524	8796,8767	216,3894	10,2142	124
2	Gem.	46569,0201	10073,5474	150,8443	4,9375	4
3	Gem.	40257,4153	5251,7393	172,6478	16,4956	39
4	Gem.	39014,6043	8768,1679	173,1011	15,1877	991
5	Gem.	43089,7348	7913,3009	199,2557	21,6018	976
6	Gem.	42100,4091	5124,6549	164,0448	6,3500	4
7	Gem.	40412,7058	7210,3387	210,8907	13,5900	16
Totaal	Gem.	40946,9713	8551,9226	187,6583	17,7840	2154

<i>LEI-regio</i>		Opbrengst	Std. dev.	N-gift	Areaal	N
1	Gem.	39826,1384	8241,3916	200,4974	17,0882	171
2	Gem.	41678,6166	2656,7761	63,0460	13,5214	7
6	Gem.	34685,1664	7665,5065	174,7260	6,5056	9
7	Gem.	42000,3315	8155,9339	203,0754	20,4887	953
8	Gem.	40018,4296	8635,9935	175,8010	15,4240	912
9	Gem.	41398,6292	10572,2208	134,1415	17,3103	70
10	Gem.	38781,6087	10398,5441	113,2455	16,6947	19
12	Gem.	48285,4964	10227,5512	193,4040	8,4769	13
Totaal	Gem.	40946,9713	8551,9226	187,6583	17,7840	2154

*Suikerbieten*

<i>Jaar</i>		Opbrengst	Min.	Max.	Std. dev.	N-gift	Areaal	N
75	Gem.	44239,2790	14572,83	64468,91	9317,8243	177,0601	7,1632	427
76	Gem.	48106,8611	8833,33	74360,04	12458,3664	169,4521	7,4747	419
77	Gem.	48739,3705	20048,00	65725,86	7624,8711	163,9483	7,7901	426
78	Gem.	50092,8620	15207,08	68977,93	7714,0201	156,8990	8,5200	422
79	Gem.	46552,7262	17610,59	68037,78	8501,6654	161,6200	8,9026	408
80	Gem.	51296,7004	25611,08	69334,78	8918,9250	161,4289	8,9177	366
81	Gem.	55327,4801	27702,50	80617,73	9233,1219	158,6680	9,6977	358
82	Gem.	61134,2994	29290,46	83570,25	10231,2686	156,0632	9,8978	336
83	Gem.	46064,6660	14794,44	77406,48	10051,5064	161,2860	9,0692	326
84	Gem.	52731,7208	21544,27	77618,19	9407,1978	161,0241	10,1681	335
85	Gem.	48417,8570	22302,59	69802,07	8307,2784	156,3898	10,5706	327
86	Gem.	56296,3521	31921,11	81412,08	9446,4722	151,4050	11,1433	326
87	Gem.	51328,9834	26554,50	74128,67	8824,2928	154,5929	9,9039	343
88	Gem.	53440,5581	21756,67	76028,55	9037,5445	146,6174	9,7787	353
89	Gem.	63099,5358	32331,67	89772,28	10701,7223	142,3584	10,1057	373
90	Gem.	69730,1875	30914,07	96395,20	11209,6550	169,5731	10,3046	401
91	Gem.	58650,9504	24005,18	82259,53	12245,8896	125,6748	10,2994	359
92	Gem.	67723,9527	36739,72	95600,67	11920,4690	116,1578	10,7165	347
93	Gem.	62606,2602	30343,02	86125,00	10478,8352	117,8078	10,3379	336
94	Gem.	54464,5698	22443,51	81710,59	10857,5933	121,8880	10,2027	356
95	Gem.	57626,6293	22416,84	95315,00	11062,3029	127,6084	10,5655	331
96	Gem.	57034,2554	26904,38	80441,00	8155,5868	110,9831	10,6593	315
Totaal	Gem.	54558,5131	8833,33	96395,20	12078,2205	149,6145	9,5591	7990

<i>Grondsoort</i>		Opbrengst	Min.	Max.	Std. dev.	N-gift	Areaal	N
1	Gem.	57480,9468	15207,08	96395,20	11803,5096	165,9505	10,4403	4751
2	Gem.	55390,8985	14979,00	96320,00	11766,8630	123,8256	7,8891	282
3	Gem.	44468,6329	26410,00	55074,17	7152,9023	137,3531	7,4922	27
4	Gem.	49641,3002	8833,33	93756,00	11984,8784	114,2984	6,9317	1781
5	Gem.	49492,7656	23347,57	76000,48	8738,6055	146,1866	10,6398	914
6	Gem.	53322,9578	25728,93	78008,63	11073,8699	121,3631	10,9567	175
7	Gem.	50495,6531	21756,67	74371,07	9631,1456	164,8767	6,0367	61
Totaal	Gem.	54558,5131	8833,33	96395,20	12078,2205	149,6145	9,5591	7990

<i>LEI-regio</i>		Opbrengst	Min.	Max.	Std. dev	N-gift	Areaal	N
1	Gem.	52496,1294	16658,77	81817,78	10556,9032	152,8567	12,2284	1398
2	Gem.	55844,1489	46354,35	72645,75	8995,9435	124,0985	4,1750	6
3	Gem.	62962,8508	15207,08	96395,20	11558,7131	143,6388	10,5681	1433
4	Gem.	58631,7165	29524,12	89889,50	11055,7228	161,6026	8,4165	106
5	Gem.	56803,7737	17610,59	95315,00	11066,0691	190,0477	9,0466	1953
6	Gem.	43356,4629	23969,23	57938,67	8690,6079	141,4796	4,0647	17
7	Gem.	47879,7983	8833,33	73149,89	8977,3033	150,5655	10,5025	907
8	Gem.	47177,8060	11227,60	76000,48	9693,3876	131,3619	9,7413	762
9	Gem.	49725,4988	22302,59	80543,00	10208,5119	97,0322	3,7420	118
10	Gem.	50038,1332	15822,44	96320,00	13290,4141	106,2748	8,1245	55
11	Gem.	55669,6151	14979,00	92639,39	11907,5720	120,8671	9,5022	138
12	Gem.	53193,8914	14572,83	93756,00	12693,2303	100,5951	4,7924	929
13	Gem.	53491,6969	25728,93	78008,63	11192,2526	121,1967	11,2102	168
Totaal	Gem.	54558,5131	8833,33	96395,20	12078,2205	149,6145	9,5591	7990